

日 本 国 特 許 庁
JAPAN PATENT OFFICE

JC997 U.S. PTO
10/055640



別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office

出 願 年 月 日

Date of Application:

2001年 6月11日

出 願 番 号

Application Number:

特願2001-176026

出 願 人

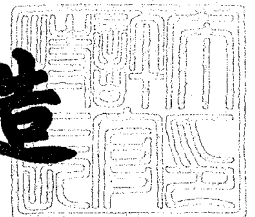
Applicant(s):

松下電器産業株式会社

2001年11月 2日

特 許 庁 長 官
Commissioner,
Japan Patent Office

及 川 耕 造



出証番号 出証特2001-3097583

【書類名】 特許願

【整理番号】 R5549

【提出日】 平成13年 6月11日

【あて先】 特許庁長官 殿

【国際特許分類】 H01L 41/22
H01L 41/24

【発明者】

【住所又は居所】 大阪府門真市大字門真 1 0 0 6 番地 松下電器産業株式会社内

【氏名】 白石 誠吾

【発明者】

【住所又は居所】 大阪府門真市大字門真 1 0 0 6 番地 松下電器産業株式会社内

【氏名】 ▲高▼原 範久

【発明者】

【住所又は居所】 大阪府門真市大字門真 1 0 0 6 番地 松下電器産業株式会社内

【氏名】 井垣 恵美子

【発明者】

【住所又は居所】 大阪府門真市大字門真 1 0 0 6 番地 松下電器産業株式会社内

【氏名】 永原 英知

【発明者】

【住所又は居所】 神奈川県横浜市港北区綱島東四丁目 3 番 1 号 松下通信工業株式会社内

【氏名】 斉藤 孝悦

【特許出願人】

【識別番号】 000005821

【氏名又は名称】 松下電器産業株式会社

【代理人】

【識別番号】 110000040
【氏名又は名称】 特許業務法人 池内・佐藤アンドパートナーズ
【代表者】 池内 寛幸
【電話番号】 06-6361-9334

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 139757
【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1
【物件名】 図面 1
【物件名】 要約書 1
【物件名】 包括委任状 1

【援用の表示】 平成13年6月4日提出の包括委任状を援用する。

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 複合圧電体と超音波診断装置用超音波探触子及び複合圧電体の製造方法

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 樹脂層の表面に細線状焼結圧電体が複数本一定の方向に配列した複合シートの前記各細線状焼結圧電体が前記樹脂層の間になるように複数枚積層されかつ一体化され、前記細線状焼結圧電体の長さ方向と直行する方向に切断されていることを特徴とする複合圧電体。

【請求項 2】 前記各細線状焼結圧電体との間に、含浸硬化樹脂部が存在する請求項 1 に記載の複合圧電体。

【請求項 3】 前記樹脂層が複数の樹脂層からなる請求項 1 または 2 に記載の複合圧電体。

【請求項 4】 前記各細線状焼結圧電体の 1 本の大きさが、平均一辺が $10 \sim 500 \mu\text{m}$ の範囲であり、長さが $0.05 \sim 3 \text{ mm}$ の範囲の多角柱体である請求項 1 ～ 3 のいずれかに記載の複合圧電体。

【請求項 5】 樹脂層の一表面に配列している細線状焼結圧電体の数が $10 \sim 1500$ 本の範囲である請求項 1 ～ 4 のいずれかに記載の複合圧電体。

【請求項 6】 積層されている樹脂層が、 $20 \sim 1500$ 枚の範囲である請求項 1 ～ 5 のいずれかに記載の複合圧電体。

【請求項 7】 複合圧電体の中に一定の方向に配列している細線状焼結圧電体の本数が、 $200 \sim 2,250,000$ 本の範囲である請求項 1 ～ 6 のいずれかに記載の複合圧電体。

【請求項 8】 切断面がさらに研磨されている請求項 1 ～ 7 のいずれかに記載の複合圧電体。

【請求項 9】 前記細線状焼結圧電体は、長さ方向に切断面を有する請求項 1 ～ 8 のいずれかに記載の複合圧電体。

【請求項 10】 請求項 1 ～ 9 のいずれかに記載の複合圧電体を用いたことを特徴とする超音波診断装置用超音波探触子。

【請求項 11】 (a) 厚みが $10 \sim 500 \mu\text{m}$ の範囲である板状焼結圧電体を

準備し、

(b) 前記板状焼結圧電体に樹脂層を形成し、

(c) 前記樹脂層を具備した前記板状焼結圧電体に対し、前記樹脂層を完全に分断せずに平行な切溝を複数本形成することで前記板状焼結圧電体を切断して複数本の細線状焼結圧電体とし、

(d) 前記 (a) ~ (c) の操作を複数回繰り返すことにより前記樹脂層の一表面に前記細線状焼結圧電体が複数本一定の方向に配列した複合シートを複数枚形成し、

(e) 複数枚の前記複合シートを前記各細線状焼結圧電体が前記樹脂層の間になるように積層し、

(f) 積層した複数枚の前記複合シートを一体化することを特徴とする複合圧電体の製造方法。

【請求項 1 2】複数枚の前記複合シートを積層して一体化させた後の空隙に樹脂を含浸させ硬化させる請求項 1 1 に記載の複合圧電体の製造方法。

【請求項 1 3】前記細線状焼結圧電体の長さ方向と直行する方向に切断し、複数個の複合圧電体とする請求項 1 1 または 1 2 に記載の複合圧電体の製造方法。

【請求項 1 4】前記複合圧電体を、前記複合圧電体中の前記細線状焼結圧電体の長さ方向と直行する面で研磨する請求項 1 1 ~ 1 3 のいずれかに記載の複合圧電体の製造方法。

【請求項 1 5】複数枚の複合シートを積層する際に、前記各複合シート間に接着樹脂シートを挟んで積層する請求項 1 1 ~ 1 4 のいずれかに記載の複合圧電体の製造方法。

【請求項 1 6】複合シートを積層する前に、前記複合シート中の樹脂層の少なくとも一部に接着層を塗布形成する請求項 1 1 ~ 1 5 のいずれかに記載の複合圧電体の製造方法。

【発明の詳細な説明】

【0 0 0 1】

【発明の属する技術分野】

本発明は微細な構造を有するセラミックス構造体を有する複合圧電体と超音波

診断装置用超音波探触子及び複合圧電体の製造方法に関する。

【0002】

【従来の技術】

従来から、医療用超音波診断装置に用いられる超音波深触子には、高分解能化および広帯域化等を目的とし、その超音波送受信部である圧電セラミックスを、圧電セラミックスと有機高分子とから成る複合圧電体に置き換える試みが行われてきている。さらにこの複合圧電体の中でも、とくに図8に示したように円柱や角柱の形状をもつ圧電セラミックス31を多数、有機高分子41のマトリクス中に配置させた構造の圧電体(以下「1-3型複合圧電体」という)が、原理的な意味から有用性が指摘され、着目されその製造が試みられてきている。これらの1-3型複合圧電体に関する従来技術については、例えば「超音波便覧」(超音波便覧編集委員会編、丸善、平成11年8月30日発行) p.129-133等に提案されている。

【0003】

古くからその有用性が指摘されてきた前記1-3型複合圧電体ではあるが、現在まで実際の超音波診断装置用の超音波深触子として商品化されている例は多くない。その主な理由として、(1)求められている構造が極めて微細で、その製造が困難であるということと、(2)製造が可能であっても、高い製造コストを必要とする点との2点を挙げることができる。

【0004】

超音波診断装置に用いる複合圧電体として求められている理想的な形状は、圧電セラミックスの径と配置間隔は、使用する周波数と複合圧電体としての音響インピーダンスから、それぞれ約10~200 μ mといわれている。一方、柱状の圧電セラミックスの径と長さとの比(長さ/径、以下「アスペクト比」という。)を5~6程度としたときに送受信効率が最もよいといわれている。すなわち、複合圧電体中の圧電セラミックスの長さは、50~1200 μ mが求められている。また、複合圧電体中の圧電セラミックスと有機高分子との体積比はおよそ1:3程度が理想的であるといわれている。

【0005】

以上総合すると、数十 μ m程度の径を持ち、アスペクト比が6前後の細線状の微細な圧電セラミックスを、有機高分子のマトリクス中に、前記径とほぼ同等間隔をもって多数配置した極めて微細な構造をもつ複合圧電体が最も理想的であると考えられており、市場から求められてきている。

【0006】

複合圧電体の製造方法に関する従来の先行技術例としては、例えば特許1789409号公報や特許1590342号公報には、圧電セラミックスブロックを材料とし、機械加工により切断溝を複数形成し、前記切断溝に樹脂を含浸硬化させることで、1-3型複合圧電体を製造する方法が提案されている。

【0007】

また特公平5-33836号公報では、従来のダイシング加工等の切断技術に代わって、レーザー加工による製造方法が提案されている。この公知例では、レーザー光線を走査させ圧電セラミックスに直交する二方向の平行な切り込みを形成し、微細構造を有す圧電セラミックス構造体を作り、同様に後から空間に樹脂を含浸硬化する方法が述べられている。

【0008】

また別な方法として、文献ワラス アルデン スミス (Wallace Arden Smith) 著、「ザ ロール オブ ピエゾコンポジット イン ウルトラソニック トランスジューサ (The Role of Piezocomposites in Ultrasonic Transducers)」, プロシーディング オブ ザ 1989 アイイーイーイー ウルトラソニック シンポジウム (Proceedings of the 1989 IEEE Ultrasonics Symposium, pp.755-766, 1989) では、事前にロッド状の圧電セラミックス焼結体を複数用意し、後からこれらを配置一体化させることで複合圧電体を製造する方法も開示されている。

【0009】

しかしながら今日までに開示されている方法には以下のような課題がある。

【0010】

すなわち、前記の比較的大きな圧電セラミックスブロックに直接、ダイシング加工やレーザー加工を用いて切り溝を形成し微細な圧電焼結体の集合体を残す方法では、求める形状を形成することが困難であるかもしくは可能であっても製造歩

留まりが悪く製造コストが増加するという課題が存在した。現在の機械加工の技術では、セラミックスブロックに数 $10\mu\text{m}$ 巾の切断溝を形成すること考えた場合、アスペクト比の増加に伴い、言い換えるならば切断溝の深さが深くなるに伴い、その歩留まりが加速的に低くなる。切断溝によって切り出された（残った）圧電セラミックスが細線状になるに従い、切断溝形成中に破壊しやすいからである。目的とする形状の複合圧電体中の微細な圧電焼結体の内、わずかでも破壊してしまった場合、複合圧電体全体が不良品となってしまう恐れがある。したがって、従来機械加工による切断溝の形成による方法では、現在市場より求められている前記形状を持つ複合圧電体の製造は極めて困難であると言わざるをえない。

【 0 0 1 1 】

また事前にロッド状の圧電セラミックス焼結体を用意し、後から配置する方法では、求める複合圧電体中の圧電焼結体が微細に成るに従い、圧電焼結体単体の取り扱いが困難になり、同様に製造が困難か、可能であっても歩留まりが悪く製造コストが増加する課題が存在した。

【 0 0 1 2 】

以上今までに提案、試されている従来の技術では、現在求められている微細構造の複合圧電体の製造は困難であるか、もしくは実現できても高い製造コストを必要とするものであった。

【 0 0 1 3 】

さらに別の課題として、従来の技術において、圧電焼結体の空隙に含浸硬化させる材料は製造方法上1種類に限定され、その結果、得られる複合圧電体の物性値を自由度をもって調整することは困難であった。

【 0 0 1 4 】

【発明が解決しようとする課題】

本発明の解決しようとする課題もまさにここにある。

【 0 0 1 5 】

本発明者らは、前に示した従来の技術課題について詳細に検討した結果、現在市場より求められている形状の複合圧電体を実現するためには、極めて微細な圧電焼結体を歩留まりよく製造することと、製造した微細な圧電焼結体を精密に配

置することとを同時に実現することが必要であるとの結論に達した。

【 0 0 1 6 】

本発明は、前記従来課題を解決し、微細な構造および任意な物性値を持つ複合圧電体を低いコストで提供すること、及びこの複合圧電体を用いた高性能かつ安価な超音波診断装置用超音波探触子を提供することを目的とする。

【 0 0 1 7 】

【発明を解決するための手段】

前記目的を達成するため本発明の複合圧電体は、樹脂層の一表面に細線状焼結圧電体が複数本一定の方向に配列した複合シートの前記各細線状焼結圧電体が前記樹脂層の間になるように複数枚積層されかつ一体化され、前記細線状焼結圧電体の長さ方向と直行する方向に切断されていることを特徴とする。

【 0 0 1 8 】

また本発明の超音波診断装置用超音波探触子は、前記本発明の複合圧電体を用いたことを特徴とする。

【 0 0 1 9 】

次に本発明の複合圧電体の製造方法は、

- (a) 厚みが 1 0 ～ 5 0 0 μ m の範囲である板状焼結圧電体を準備し、
- (b) 前記板状焼結圧電体に樹脂層を形成し、
- (c) 前記樹脂層を具備した前記板状焼結圧電体に対し、前記樹脂層を完全に分断せずに平行な切溝を複数本形成することで前記板状焼結圧電体を切断して複数本の細線状焼結圧電体とし、
- (d) 前記 (a) ～ (c) の操作を複数回行うことにより前記樹脂層の一表面に前記細線状焼結圧電体が複数本一定の方向に配列した複合シートを複数枚形成し、
- (e) 複数枚の前記複合シートを前記各細線状焼結圧電体が前記樹脂層の間になるように積層し、
- (f) 積層した複数枚の前記複合シートを一体化することを特徴とする。

【 0 0 2 0 】

【発明の実施の形態】

本発明の複合圧電体においては、前記各細線状焼結圧電体の1本の大きさが、一辺が $10 \sim 500 \mu\text{m}$ の範囲であり、長さが $0.05 \sim 3 \text{mm}$ の範囲の角柱体であることが好ましい。角柱体は、三角ないし六角の柱体が好ましいが、最も作成しやすいのは四角柱である。複合圧電体の形状およびその複合圧電体中の細線状焼結圧電体の形状は、使用する周波数と複合圧電体としての音響インピーダンスにより決定される。特に限定するものではないが、本発明による複合圧電体を医療用超音波診断装置の超音波探触子に用いることを考えた際は、その使用周波数がおよそ $1 \text{MHz} \sim 20 \text{MHz}$ 程度と考えられ、各細線状焼結圧電体の1本の平均一辺が $1.0 \sim 200 \mu\text{m}$ の範囲であることがより好ましい。またアスペクト比を $5 \sim 6$ 程度とした時に送受信効率が最もよいとされることから、各細線状焼結圧電体の長さは、 0.05mm ($0.01 \times 5 \text{mm}$) $\sim 1.2 \text{mm}$ (0.2×6) の範囲であることがより好ましい。

【0021】

なお、上記好ましい細線状焼結圧電体の形状範囲を外れても複合圧電体を構成することはできる。使用の目的から考えると前記範囲がより好ましいという意味である。

【0022】

また、樹脂層の一表面に配列している細線状焼結圧電体の数が $10 \sim 1500$ 本の範囲であることが好ましい。本発明による複合圧電体の製造方法は、求める細線状焼結圧電体の一辺の長さと同様な厚みを持ち、かつ樹脂層に担持された板状焼結圧電体を分割することにより樹脂層上に細線状焼結圧電体を多数、形成することをその特徴としている。したがって、前述好ましい細線状焼結圧電体の形状から、 $10 \sim 500 \mu\text{m}$ (より好ましくは $10 \sim 200 \mu\text{m}$) の厚みをもった板状焼結圧電体が必要となる。このようなごく薄い板状焼結圧電体、その製造過程で反りや割れが発生し易いことから、大きなものをつくることが一般に困難である。前述のような厚み ($10 \sim 500 \mu\text{m}$ 、より好ましくは $10 \sim 200 \mu\text{m}$) 板状焼結圧電体で、現在容易に入手もしくは製造できる最大の大きさは、およそ一辺の長さもしくは直径が 30mm 程度のものである。仮に 30mm 角の板状焼結圧電体を形成し、前述の好ましい形状 (一辺の長さが平均 $10 \sim 500 \mu$

しくは $10 \sim 200 \mu\text{m}$) の細線状焼結圧電体に分割することを考
脂層の一表面に配列できる細線状焼結圧電体の数は、好ましい細線
の一边の長さから、 $10 \sim 1500$ 本程度となる。なお、入手でき
電体の形状および必要とする細線状焼結圧電体の形状を考慮した結
の前記範囲を超えても構わない。

2 3】

されている樹脂層が、 $20 \sim 1500$ 枚の範囲であることが好まし
ている樹脂層の数は、基本的に最終的に求められる複合圧電体の形
されるが、前記樹脂層の一边の大きさ(幅)以上に高く積層すると
する際にずれが生じやすく、細線状焼結圧電体を所定の位置に配置
難になり易い。積層される樹脂層(複数の細線状焼結圧電体を担時
すなわち複合シート)の現在考えうる最大形状は、入手し易い板状
の形状を考慮すると、前記したように 30 mm 角程度である。一方、
ートを一体化させた積層体の積層方向の高さは、用いた複合シート
積層数との積で決定される。また複合シートの最大厚みは、前記複
の細線状焼結圧電体の一边の長さ、用いた樹脂層の厚みとの和で決
最終的な使用目的に応じた細線状焼結圧電体の一边の長さ、および用
の厚みにより変わるが、以上のことから、複合シートの厚みは、おお
 $000 \mu\text{m}$ 程度であると考えられる。したがって、積層一体化する
易さからその積層数は $20 \sim 1500$ 枚の範囲であることが好まし
める圧電複合体の形状が、精度よく得られるならば、この限りでは

2 4】

圧電体の中に一定の方向に配列している細線状焼結圧電体の本数が
 250000 本の範囲であることが好ましい。前述までの、好まし
中の細線状焼結圧電体の数、複合シートの積層数を考慮すると最終
複合圧電体中の細線状焼結圧電体の本数が、 $200 \sim 2250000$
ることが好ましい。

2 5】

以上述べてきた本発明による複合圧電体中の細線状焼結圧電体の形状、数、および樹脂層の積層数は、複合圧電体の目的と入手できる材料とにより決定されるものである。

【 0 0 2 6 】

また、切断面がさらに研磨されていることが好ましい。最終的に得られる複合圧電体は、使用する周波数によってその厚み（細線状焼結圧電体の長さ方向と直交する2つの切断面間の長さ）を調整する必要がある。複合圧電体切断面切断面を研磨することで複合圧電体の厚みを微調整することが可能となる。

【 0 0 2 7 】

また複合圧電体のこれら切断面には、何らかの方法で電極を形成する必要がある。特に限定するものでないが、電極を導電性塗料の塗布乾燥によって形成する方法やメッキによって形成する方法と採った場合、切断面（電極形成面）を研磨することで疎面化することができ、その結果電極の接着強度を向上させることが可能となる効果がある。

【 0 0 2 8 】

また、前記細線状焼結圧電体は、長さ方向に切断面を有することが好ましい。目的に応じた複合圧電体の形状を整えることができる。

【 0 0 2 9 】

また、前記各細線状焼結圧電体との間に、含浸硬化樹脂部を具備することが好ましい。含浸硬化樹脂部を具備させることで、複合圧電体としての機械的強度を高めることができる。

【 0 0 3 0 】

また、空隙に樹脂を含浸硬化させることで、多様な物性（特に音響インピーダンス）を持つ複合圧電体を得ることが可能となる。含浸硬化樹脂部に用いる樹脂として、多様な物性値（例えば密度、音速、ポアソン比、ヤング率等）をもつ樹脂を目的に応じて選択することで、得られる複合圧電体の物性値を調整することが可能となる。

【 0 0 3 1 】

また、前記樹脂層が複数の樹脂層で構成されることが好ましい。樹脂層を複数

にすることで、積層された細線状焼結圧電体間の距離を任意に調整し易い効果がある。厚みの違う第二の樹脂層で接着することで、積層された細線状焼結圧電体間の距離を調整することが容易になる。また、細線状焼結圧電体の積層方向の距離が違った複合圧電体を、厚みの違う第二の樹脂シートを使い分けることで、同一の複合シートから製造することが可能となり、製造コストを削減できる。さらに一つの複合圧電体中においても、各層ごとに細線状焼結圧電体間の距離を変えることができる。特に限定されるものではないが、例えば一つの積層体を積層方向に垂直な方向で切り分けて、い複数の複合圧電体を製造する際、切断する部分の樹脂層のみを厚くすることでその製造が容易になる。

【0032】

さらに、密度、音速、ポアソン比、ヤング率等に代表されるような物性値が異なる樹脂層を複数用いれば、より多様な物性値をもった複合圧電体を製造することが可能となる。特に限定するものではないが、複合シートには比較的硬いエポキシ樹脂を用い確実に細線状焼結圧電体固定し、これら複合シートを比較的やわらかい、シリコーン樹脂やポリウレタン樹脂による樹脂層で接着積層すれば、積層方向に対し機械的にフレキシブルな複合圧電体を得ることができる。このことは、先端が曲面である超音波探触子を製造する場合において特に有効である。また同構成にすることで積層方向での細線状焼結圧電体間の機械的アイソレーションを向上させることが可能となる。この効果により、一つの複合圧電体に複数の電極を形成することで複数の振動子を構成した場合、個々の振動子を任意に稼動させることが可能となる。

【0033】

次に本発明による製造方法においては、複数枚の前記複合シートを積層して一体化させた後の空隙に樹脂を含浸させ硬化させることが好ましい。切断する前に樹脂を空隙に含浸させ硬化させることで、切断前の積層体としての機械的強度が増し、切断時に内部の細線状焼結圧電体の破損が少なくなるからである。結果的に製造歩留まりが向上し、製造コストを削減できる。

【0034】

また、複数枚の複合シートを積層する際に、前記各複合シート間に接着樹脂シ

ートを挟んで積層することが好ましい。特に限定するものではないが、樹脂層によって板状焼結圧電体を接着担し十分硬化させた複合シートとし、接着樹脂シートで前記複数の複合シートを接着させる構成とすることができる。複合シート中の樹脂層を十分硬化することで、前記板状焼結圧電体を切断して複数の細線状焼結圧電体とする際に細線状焼結圧電体が破損しにくくなり、複合シート製造の歩留まりが向上する。また前記十分硬化した（接着性を失った）樹脂層による複合シートでも、第2の接着樹脂シートを用いることにより、確実に積層接着一体化することが可能となる。

【 0 0 3 5 】

また、複合シートを積層する前に、前記複合シート中の樹脂層の少なくとも一部に接着層を塗布形成することが好ましい。複合シートの表面の細線状焼結圧電体が配置されている面に、流動性をもつ接着材料を塗布することで接着層を形成する構成を採ることもできる。この構成を採ることにより、複合シート中の切溝に接着材料を充填させることができ、空隙のない複合圧電体を、後から空隙部に別の樹脂を含浸させることなく、得ることができる。すなわち、積層一体化した後、空隙に樹脂を含浸させ硬化させる工程を行わずに、前記含浸硬化樹脂部を具備した複合圧電体と同等な複合圧電体を得ることが可能となる。製造工程を簡素化することが可能となる。また塗布形成して接着層とする製造方法は、接着樹脂シートを用いる場合に比較して、容易でかつ材料コストを削減することができる。

【 0 0 3 6 】

（実施の形態1）

以下、本発明の実施の形態1について、図1から図4を用いて、工程ごとに詳細に説明する。

【 0 0 3 7 】

まず、（a）厚みが10～500 μ mの範囲である板状焼結圧電体を準備し、（b）前記板状焼結圧電体に樹脂層を形成する工程として、図1の斜視模式図に示したように、板状焼結圧電体1としての縦17mm、横17mmおよび厚み0.05mmの形状をした、PZT（チタン酸ジルコン酸鉛）を主成分とした板状焼結圧電体に、樹脂層2として縦17mm、横17mmおよび厚み0.05mm

の形状をしたエポキシ樹脂層を形成した。より具体的には、前記板状焼結圧電体に縦17mm、横17mmおよび厚み0.025mmの形状をしたエポキシ系樹脂接着シート（品番：HS-2025,日立化成製）2枚を片側より重ね合わせ、真空雰囲気中（13.32Pa(0.1Torr)以下）、 10 kg/cm^2 の圧力をかけ120℃、1時間加熱することで前記樹脂接着シートを前記板状焼結圧電体に接着することで樹脂層とした。

【0038】

次に（C）前記樹脂層を具備した前記板状焼結圧電体に対し、前記樹脂層を完全に分断せずに平行な切溝を複数本形成することで前記板状焼結圧電体を切断して複数本の細線状焼結圧電体とする工程として、前記樹脂層を具備した板状焼結圧電体に、ダイシング加工機を用い、幅0.05mm、深さ0.05mm～0.06mmの切り溝を、0.1mm間隔で170本形成した。その結果、図2の斜視模式図のように、縦17mm、横17mmおよび厚み0.05mmの樹脂層2と、幅0.05mm、厚み0.05mm、長さ17mmの形状をもった170本の細線状焼結圧電体とからとから成る複合シート4を得た。11は切断溝である。

【0039】

なお前記の機械加工の結果、170本の前記細線状焼結圧電体3は、0.05mmの間隔をもって等間隔かつ平行に配列し、かつ下面は樹脂層2と接着して担持されていた。

【0040】

次に、前記（a）～（c）の操作を複数回行い、同様な複合シートを170枚得た。

【0041】

次に、（e）複数枚の前記複合シートを前記各細線状焼結圧電体が前記樹脂層の間になるように積層し、（f）積層した複数枚の前記複合シートを一体化する工程として、前記の複合シートを170枚、細線状焼結圧電体が平行に成る向きに積層し、さらに最上部に縦17mm、横17mmおよび厚み0.025mmの形状をしたエポキシ系樹脂接着シート（品番：HS-2025 日立化成）を2枚積層

した。前記積層体を真空雰囲気中（13.32Pa(0.1Torr)以下）、 10 kg/cm^2 の圧力をかけ 170°C 、1時間加熱することで一体化させた。

【0042】

なお一体化させ得られた積層体は、図3の斜視模式図に示したように、一辺約 17 mm の立方体形状であって、縦 0.05 mm 、横 0.05 mm および長さ 17 mm の細線状焼結圧電体28900本（ $=170\times 170$ ）が、樹脂層2によって等間隔かつ平行に固定担持されて成る複合圧電体5である。

【0043】

次に（g）前記細線状焼結圧電体の長さ方向と直行する方向に切断する工程として、前記工程を経て得られた積層体を、前記積層体中の細線状焼結圧電体の長さ方向と直交する面で複数個に分割した。より具体的には、ワイヤーソウで切断することでこの複合圧電体5を所望の厚さに調整することができる。前記複合圧電体5の厚み方向にスライスし、図4の斜視模式図に示したような任意厚みの複数個の複合圧電体5に分割することができる。

【0044】

本発明の製造方法は、任意形状の細線状焼結圧電体3を樹脂層2上に、任意の数および位置に配置した単位複合シート4を任意の数一体化させることで複合圧電体5を得ることができる。

【0045】

複合シート4中の細線状焼結圧電体3の径もしくは厚みおよび幅は、用いる板状焼結圧電体1の厚み、および板状焼結圧電体1に形成する切断溝11の深さ、幅によって決定される。

【0046】

また細線状焼結圧電体3の長さは用いる板状焼結圧電体1の大きさによって決定される。

【0047】

求める複合圧電体5中の細線状焼結圧電体3の形状および数に合わせ、用いる板状焼結圧電体1の厚み、大きさ、および切断溝11の深さ、幅、さらには切断溝の数を任意に調整すれば、任意の形状および数の細線状焼結圧電体3を樹脂層

2 上の任意の位置に配置担時させた複合シート 4 を得ることができる。

【 0 0 4 8 】

さらに本発明の製造方法では、これら任意形状および数の細線状焼結圧電体 3 は樹脂層 2 よって任意の位置に固体担時されており、その位置が拘束されるので、その後の積層一体化において配置した位置が変わることがない。

【 0 0 4 9 】

さらに図 3 における複合圧電体 5 中の細線状焼結圧電体 3 の縦方向の間隔は、単位複合シート 4 中の樹脂層 2 の厚みで決定される。すなわち、樹脂層 2 の厚みを調整することで細線状焼結圧電体 3 の縦方向の間隔も任意に調整することが可能である。

【 0 0 5 0 】

以上の構成による本発明を用いれば、従来の技術ではその形成が困難であった極めて微細な細線状焼結圧電体を容易に製造でき、さらに微細がゆえに取り扱いが困難であった細線状焼結圧電体を最終製品である複合圧電体 5 中の任意の如何なる位置へも容易に配置することが可能となる。

【 0 0 5 1 】

また、従来の圧電材料を直接加工する方法では、細線状焼結圧電体の長さ方向分だけ加工する必要があるのに対し、本発明で形成する切断溝 1 1 の深さは、板状焼結圧電体の厚み分、言い換えるならば求める複合圧電体中の細線状焼結圧電体の径の分だけの浅いものでよい。したがって従来の加工に比較して加工が極めて容易である。また製造には機械加工等の従来から技術を用いることができる。

【 0 0 5 2 】

また単位複合シート 4 を積層一体化する方法を採ったことにより、良質な単位複合シート 4 のみを選択して積層一体化させることができ、複合圧電体としての製造歩留まりを向上させることが可能である。

【 0 0 5 3 】

また得られた複合圧電体を細線状焼結圧電体の長さ方向と直交する面で複数個に分割することで、図 4 の斜視模式図に示したような、複数個の複合圧電体を得ることができるため、生産性が向上し、より低いコストで複合圧電体を製造する

ことが可能となる。

【0054】

また研磨することでこの複合圧電体 5 を所望の厚さに調整することができる。

【0055】

以上説明した構成及び作用、効果により本発明による製造方法を用いれば、任意な微細構造を持つ複合圧電体を低いコスト実現することが可能となる。

【0056】

なお切断溝 11 の形成にあたっては、特にダイシング加工の方法に限定されるものではなく、従来技術であるレーザー加工による方法やサンドブラストによる方法を採用しても構わない。

【0057】

(実施の形態 2)

以下、本発明の実施の形態 2 について、図 5 および図 6 を用いて詳細に説明する。

【0058】

本発明実施の形態 2 による複合圧電体は、前記実施の形態 1 の構成に加え、前記各細線状焼結圧電体との間に、含浸硬化樹脂部が存在している。

【0059】

前記実施の形態 1 において示した製造方法に加え、積層一体化した後、空隙に樹脂を含浸させ硬化させる。より具体的には、前記実施の形態 1 の (a) ~ (f) の工程を順次行い、得られた複合積層体 5 の空隙部分にエポキシ樹脂 (アラルダイトスタンダード: チバガイギー) を、減圧下 (13.32Pa (0.1Torr) 以下) で含浸させ、常温で 12 時間放置させることで硬化させ含浸硬化樹脂部 6 とし、図 5 に示した斜視模式図のような複合圧電体 5 を得た。

【0060】

また実施の形態 1 と同様に、研磨もしくは切断することでこの複合圧電体 5 を所望の厚さに調整することができる。

【0061】

また前記実施の形態 1 (g) に示した方法と同様な方法により、複合圧電体 5

の厚み方向にスライスし、任意の厚みの複数個の複合圧電体に分割することができる。

【 0 0 6 2 】

本発明実施の形態 2 によれば、前記実施の形態 1 による効果作用に加え、さらに積層体の空隙部分に樹脂を含浸硬化させ、含浸硬化樹脂部を具備させた結果、研磨時もしくは切断分割時における細線状焼結圧電体 3 の欠落が起き難く、製造歩留まりが向上する。

【 0 0 6 3 】

また、含浸硬化樹脂部を具備させたことで、複合圧電体としての物性値を任意に調整することが可能となる。なお、含浸硬化させる樹脂は、エポキシ樹脂に限定されるものでなく、シリコーン樹脂、ウレタン樹脂等であっても構わない。求める複合圧電体の密度、音速等の物性値にあわせ任意に選択することができる。

【 0 0 6 4 】

(実施の形態 3)

以下、本発明の実施の形態 3 について、図 7 を用いて詳細に説明する。

【 0 0 6 5 】

本発明実施の形態 3 による複合圧電体は、前記実施の形態 1 の構成に加え、前記樹脂層が複数の樹脂層で成ることを特徴とする。

【 0 0 6 6 】

(a) 厚みが $10 \sim 500 \mu\text{m}$ の範囲である板状焼結圧電体を準備し、(b) 前記板状焼結圧電体に樹脂層を形成する工程として、板状焼結圧電体 1 としての縦 17 mm 、横 17 mm および厚み 0.05 mm の形状をした、PZT (チタン酸ジルコン酸鉛) を主成分とした板状焼結圧電体に、樹脂層 2 として縦 17 mm 、横 17 mm および厚み 0.025 mm の形状をした樹脂層を形成した。より具体的には、前記板状焼結圧電体に縦 17 mm 、横 17 mm および厚み 0.025 mm の形状をしたエポキシ系樹脂接着シート (品番: HS-2025 日立化成) 1 枚を片側より重ね合わせ、真空雰囲気中 (13.32 Pa (0.1 Torr) 以下)、 10 kg/cm^2 の圧力をかけ 170°C 、1 時間加熱することで前記樹脂接着シートを前記板状焼結圧電体に接着することで樹脂層とした。すなわち、ここまでの工程は樹脂層の

厚みを 0. 0 2 5 mm としたことおよび加熱温度を 1 7 0 °C にしたこと以外、前記実施の形態 1 と同様である。

【 0 0 6 7 】

次に (c) 前記樹脂層を具備した前記板状焼結圧電体に対し、前記樹脂層を完全に分断せずに平行な切溝を複数本形成することで前記板状焼結圧電体を切断して複数本の細線状焼結圧電体とする工程として、前記実施の形態と同様な方法で、板状焼結圧電体に切断溝を形成し、縦 1 7 mm、横 1 7 mm および厚み 0. 0 2 5 mm の樹脂層 2 と、幅 0. 0 5 mm、厚み 0. 0 5 mm、長さ 1 7 mm の形状をもった 1 7 0 本の細線状焼結圧電体とからとから成る複合シート 4 を得た。なお前記の機械加工の結果、1 7 0 本の前記細線状焼結圧電体 3 は、0. 0 5 mm の間隔をもって等間隔かつ平行に樹脂層 2 によって担持されている。

【 0 0 6 8 】

(d) 前記 (a) ~ (c) の操作を複数回行い、同様な複合シートを 1 7 0 枚得た。

【 0 0 6 9 】

(e) 複数枚の複合シートを積層する際に、前記各複合シート間に接着樹脂シートを挟んで積層する工程として、前記の 1 7 0 枚の複合シートを、各複合シートの間に接着樹脂シートとしての縦 1 7 mm、横 1 7 mm および厚み 0. 0 2 5 mm 形状をしたエポキシ系樹脂接着シート (品番: H A F P 4 日立化成) を各 1 枚 (合計 1 6 9 枚) 挟んで、細線状焼結圧電体が平行に成る向きに積層した。さらに前記積層したものの最下部に同エポキシ系樹脂接着シート (品番: H A F P 4 日立化成) を 1 枚、また際上部に 2 枚配置させた。

【 0 0 7 0 】

(f) 積層した複数枚の前記複合シートを一体化する工程として、積層した前記積層体を真空雰囲気中 (13.32Pa(0.1Torr)以下)、1 0 kg/cm² の圧力をかけ 8 0 °C、1 分間加熱し、さらに 1 7 0 °C に 3 0 分間かけ昇温し、3 0 分間加熱保持させることで一体化させた。

【 0 0 7 1 】

なお一体化させ得られた積層体は、実施の形態 1 と同様に、一辺約 1 7 mm の

立方体形状であって、縦 0.05 mm、横 0.05 mm および長さ 17 mm の細線状焼結圧電体 28900 本 ($= 170 \times 170$) が、樹脂層 2 によって等間隔かつ平行に固定担持されて成る複合圧電体である。

【0072】

(g) 前記細線状焼結圧電体の長さ方向と直行する方向に切断する工程として、実施の形態 1 と同様に、前記工程を経て得られた積層体を、前記積層体中の細線状焼結圧電体の長さ方向と直交する面で複数個に分割した。より具体的には、ワイヤーソウで切断することでこの複合圧電体 5 を所望の厚さに調整することができる。前記一体化させた複合圧電体の厚み方向にスライスし、図 7 (a) の斜視模式図に示したような任意の厚みの複数個の複合圧電体 5 に分割することができる。

【0073】

本発明実施の形態 3 によれば、前記実施の形態 1 による効果作用に加え、さらに樹脂層を複数の樹脂層としたことで、細線状焼結圧電体の配置精度を向上されること、積層一体化させる際の歩留まりを向上させることができる。一般に入手される接着を目的としたエポキシ樹脂シートは、硬化反応の過渡状態で製品化されている。通常完全に硬化させた後は接着性がなくなるか、著しく低下する。本実施の形態 3 ではまず第一の樹脂層を用い、かつ樹脂層を完全に硬化させることで、板状焼結圧電体との接着をより高いものとした。さらに第二の樹脂層として別の接着樹脂シートを用い、各単位複合シートを積層、接着一体化させた構成とした。この構成としたことで、第一の樹脂層を完全硬化させることで単位複合シート 4 中の細線状焼結圧電体 3 の固定配置をより完全なものとし、かつ第二の樹脂層を用いたことにより、その後の積層一体化も十分行うことができる。その結果として、製造歩留まりが向上し、複合圧電体としての製造コストを低くすることが可能となる。さらに、本発明によれば、樹脂層を複数層で形成することが可能になった結果、従来に比較して、複合圧電体の物性値の調整が、より自由度をもって可能となる。

【0074】

なお、特に限定するものではないが、第二の樹脂層として用いられる接着樹脂

シートは、第一の樹脂層に比較して低温度で接着性を示すものを選択することがより好ましい。

【0075】

なお、第二の樹脂層として接着剤を塗布して形成した接着層であっても構わない。

【0076】

なお、樹脂層は、2層に限定されるものでなく、2層以上であっても構わない。

【0077】

なお、本実施の形態3の上記(f)の工程に引き続き、前記実施の形態2と同様な操作により、前記各細線状焼結圧電体との間に、含浸硬化樹脂部を具備させ、図7(b)の斜視模式図に示したような複合圧電体とすることができる。この構成をとった場合、前記の効果作用に加え、実施の形態2で示した効果も得ることができる。

【0078】

以上説明した実施の形態1～3のいずれかで説明した製造方法によって製造された複合圧電体は、超音波診断装置用超音波探触子に適用できる。本発明による超音波診断装置用超音波探触子は、物理的精度および信頼性が高くかつ安価な複合圧電体を用いた結果、探触子として高性能かつ安価なものとすることができる。

【0079】

【実施例】

(実施例1)

前記実施の形態1で示した製造方法により得られた複合圧電体を、切断研磨することにより、縦15mm×横15mm×厚み(細線状焼結圧電体の長さ方向)0.3mmの形状もった複合圧電体とした。

【0080】

(実施例2)

前記実施の形態2で示した製造方法により得られた複合圧電体を、切断研磨す

ることにより、縦 1 5 m m × 横 1 5 m m × 厚み（細線状焼結圧電体の長さ方向）0. 3 m m の形状もった複合圧電体とした。すなわち、この実施例 2 における複合圧電体は、空隙部分にエポキシ樹脂を含浸硬化させた以外は、実施例 1 と同様なものである。

【 0 0 8 1 】

（実施例 3）

前記を実施の形態 2 と基本的に同様な製造方法によったが、空隙部分に含浸硬化させる樹脂として、エポキシ樹脂の代わりに、シリコン樹脂（C Y 5 2 - 2 2 7 A / B 東レダウコーニングシリコン）を減圧下（13.32Pa(0.1Torr)以下）で含浸させ、1 5 0 ℃、1 時間加熱すること硬化させ含浸硬化樹脂部とした。引き続き、前記実施例 1 と同様な方法で同形状をもつ複合圧電体を得た。

【 0 0 8 2 】

得られた上記 3 種類の複合圧電体は共に形状が同じで、内部に縦 0. 0 5 m m × 横 0. 0 5 m m × 長さ 0. 3 m m の形状をもった約 2 2 5 0 0 本の細線状焼結圧電体が、上下左右に約 0. 1 m m ピッチの間隔をもって配置担持された複合圧電体である。

【 0 0 8 3 】

得られた複合圧電体の形状および重さから、それぞれの複合圧電体としての密度を算出した。

【 0 0 8 4 】

得られた上記 3 種類の複合圧電体の両側面（細線状焼結圧電体の長さ方向と直行する面）にスパッタ装置を用いて、それぞれの金を 0. 2 μ m の厚みで形成し電極とした。

【 0 0 8 5 】

さらに両電極間に、2 5 0 V の電圧を大気 1 7 0 ℃雰囲気中で 3 0 分間印加し、分極処理し、測定用素子とした。

【 0 0 8 6 】

得られた 3 種類の測定用素子の周波数特性を測定評価し、密度および電気機械結合係数（K t）の物性値を算出した。

【0087】

(比較例)

用いた板状焼結圧電体としてのPZT（チタン酸ジルコン酸鉛）。

【0088】

実施例1～3の複合圧電体および比較例の物性値を次の（表1）示す。

【0089】

【表1】

| | 実施例1 | 実施例2 | 実施例3 | 比較例 (PZT) |
|---------------------------------|------|------|------|--------------|
| 密度(g/cm ³) | 2.50 | 2.78 | 2.81 | 7.7 |
| 電気機械結合 係数 K _t [-] | 0.70 | 0.65 | 0.68 | 0.55 |

【0090】

（表1）から判るように、本発明による複合圧電体は、比較例に比べ機械結合定数が向上している。

【0091】

また、本発明による実施例1～3の物性値が示すように、複合圧電体に空隙部分を残存させるか、前記空隙に任意の材料を含浸硬化させることで、複合圧電体の物性値を調整することが可能である。

【0092】

【発明の効果】

以上のように本発明によれば、任意形状の細線状焼結圧電体を樹脂層上に、任意な数および位置に配置した単位複合シートを任意の数一体化させることで複合圧電体を得ることができる。さらに本発明の製造方法では、これら任意形状および数の細線状焼結圧電体は樹脂層によって任意の位置に固体担持されており、その位置が拘束されるので、その後の積層一体化において配置した位置が変わることがない。樹脂層の厚みを調整することで細線状焼結圧電体の縦方向の間隔も任意に調整することが可能である。

【 0 0 9 3 】

また、従来の圧電材料を直接加工する方法では、細線状焼結圧電体の長さ方向分だけ加工する必要があるのに対し、本発明で形成する切断溝の深さは、板状焼結圧電体の厚み分、言い換えるならば求める複合圧電体中の細線状焼結圧電体の径の分だけの浅いものでよい。したがって従来の加工に比較して加工が極めて容易である。

【 0 0 9 4 】

また、単位複合シートを積層一体化する方法を採ったことにより、良質な単位複合シートのみを選択して積層一体化させることができ、複合圧電体としての製造歩留まりを向上させることが可能である。

【 0 0 9 5 】

また、得られた複合圧電体を細線状焼結圧電体の長さ方向と直交する面で複数個に分割することで、生産性が向上し、より低いコストで複合圧電体を製造することが可能となる。

【 0 0 9 6 】

また、含浸硬化樹脂部を具備させたことで、複合圧電体としての物性値を自由度をもって調整することが可能となる。

【 0 0 9 7 】

以上述べたとおり本発明によれば、任意な微細構造および物性値を持つ信頼性の高い複合圧電体を低いコストで提供することが可能となる。さらにこの複合圧電体を用いた高性能かつ安価な超音波診断装置用超音波探触子を提供することが可能となる。

【図面の簡単な説明】

【図 1】 本発明の一実施例における板状焼結圧電体に樹脂層を形成する工程を示す斜視模式図

【図 2】 本発明の一実施例における板状焼結圧電体を切断して複数本の細線状焼結圧電体とする工程を示す斜視模式図

【図 3】 本発明の一実施例における複合シートを積層一体化する工程を示す斜視模式図

【図 4】 本発明の一実施例における複合圧電体を示す斜視模式図断面模式図

【図 5】 積層一体化した後、空隙に樹脂を含浸させ硬化させる工程を示す斜視模式図

【図 6】 本発明の一実施例における複合圧電体を示す斜視模式図断面模式図

【図 7】 (a) (b) は本発明の一実施例における樹脂層が複数の樹脂層で成る複合圧電体を示す斜視模式図

【図 8】 従来の 1 - 3 型複合圧電体を説明する斜視模式図

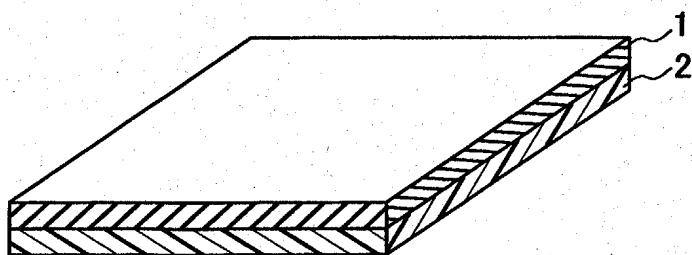
【符号の説明】

- 1 板状焼結圧電体
- 2 樹脂層
- 3 細線状焼結圧電体
- 4 複合シート
- 5 複合圧電体
- 6 含浸硬化樹脂部
- 7 第二樹脂層
- 1 1 切断溝
- 3 1 圧電セラミックス
- 4 1 有機高分子のマトリクス

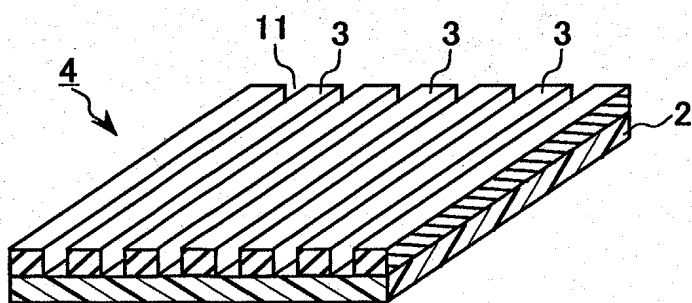
【書類名】

図面

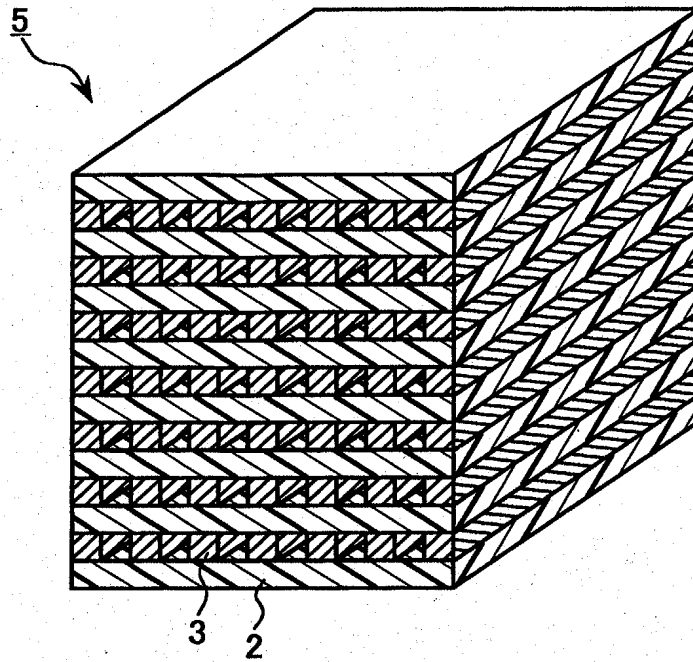
【図 1】



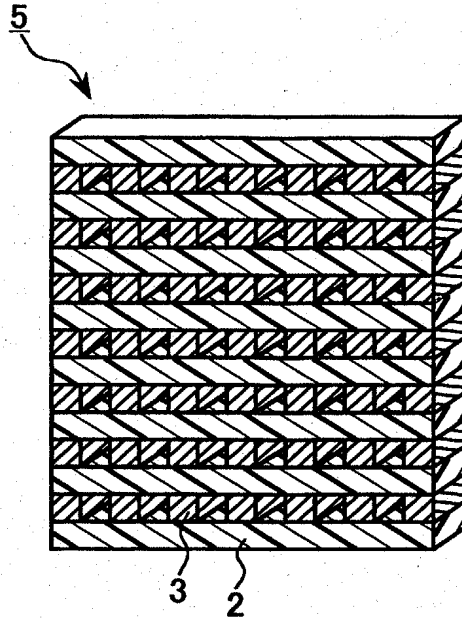
【図 2】



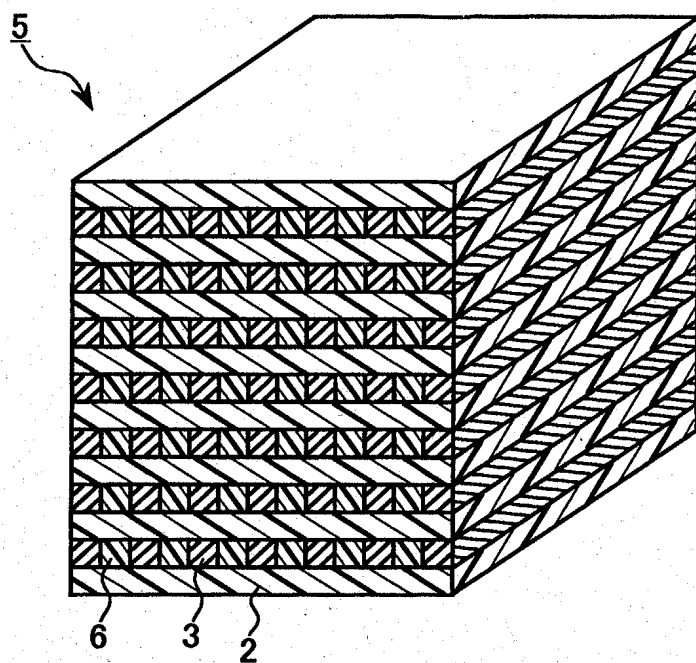
【図3】



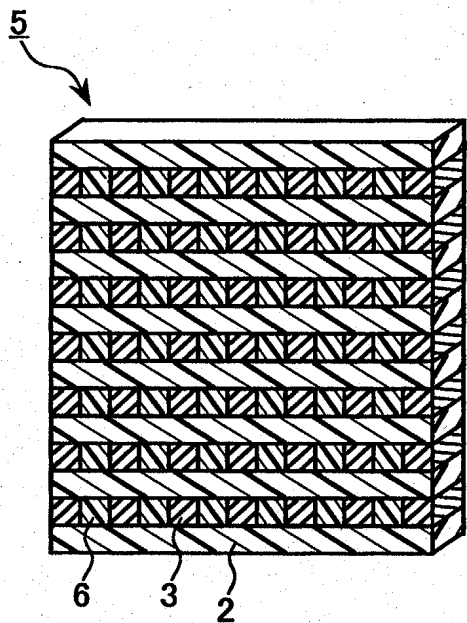
【 図 4 】



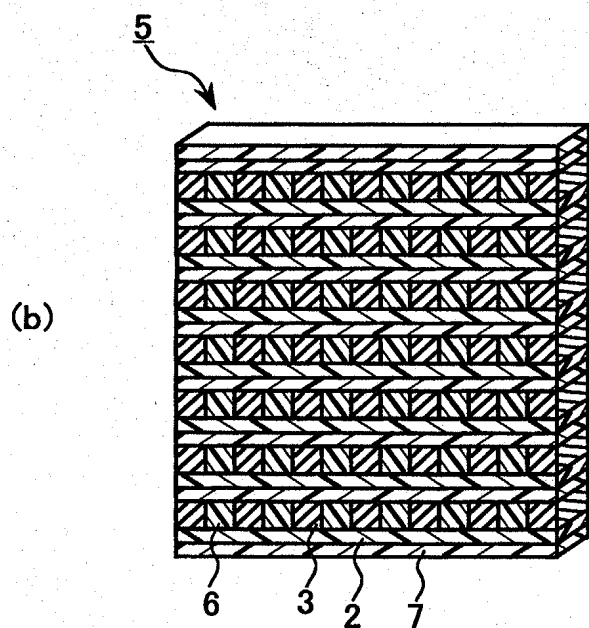
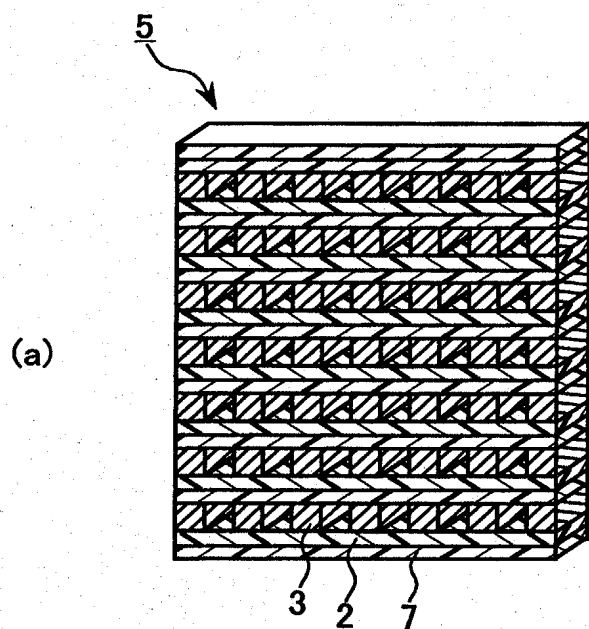
【図 5】



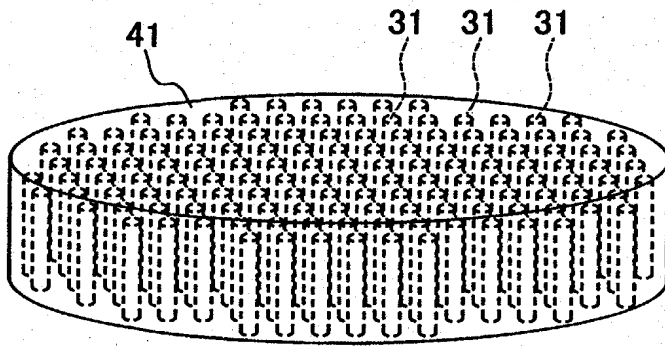
【図 6】



【図 7】



【図 8】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 微細な構造を持つ信頼性の高い複合圧電体を低いコストで提供すること、及びこの複合圧電体を用いた高性能かつ安価な超音波診断装置用超音波探触子を提供する。

【解決手段】 樹脂層2の一表面に細線状焼結圧電体3が複数本一定の方向に配列した複合シート5を形成し、各細線状焼結圧電体3が樹脂層2の間になるように複数枚積層しかつ一体化する。このとき、硬化樹脂を含浸させ、含浸硬化樹脂部6を形成してもよい。次に細線状焼結圧電体3の長さ方向と直行する方向に切断して複合圧電体を得る。切断面は研磨してもよい。

【選択図】 図5

出 願 人 履 歷 情 報

識別番号

[000005821]

1. 変更年月日

1990年 8月28日

[変更理由]

新規登録

住 所

大阪府門真市大字門真1006番地

氏 名

松下電器産業株式会社